

09/782,792  
10/17/03

(19)

(11) Publication number: **10055916 A**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**(21) Application number: **08210308**(51) Intl. Cl.: **H01F 17/00 H01F 10/14**(22) Application date: **08.08.96**

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: **24.02.98**(84) Designated contracting  
states:(71) Applicant: **YAMAZAWA KIYOTO  
ALPS ELECTRIC CO LTD**(72) Inventor: **YAMAZAWA KIYOTO  
HAYAKAWA YASUO  
HATAUCHI TAKASHI  
MAKINO TERUHIRO  
NAITO YUTAKA  
HASEGAWA NAOYA**

(74) Representative:

**(54) THIN MAGNETIC  
ELEMENT AND  
TRANSFORMER**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a stable high inductance, low equivalent resistance and good performance coefficient by forming a magnetic film of specified thickness, specifying the aspect ratio of coil conductors or holding a specified relation between the coil conductor width to the spacing between the conductors.

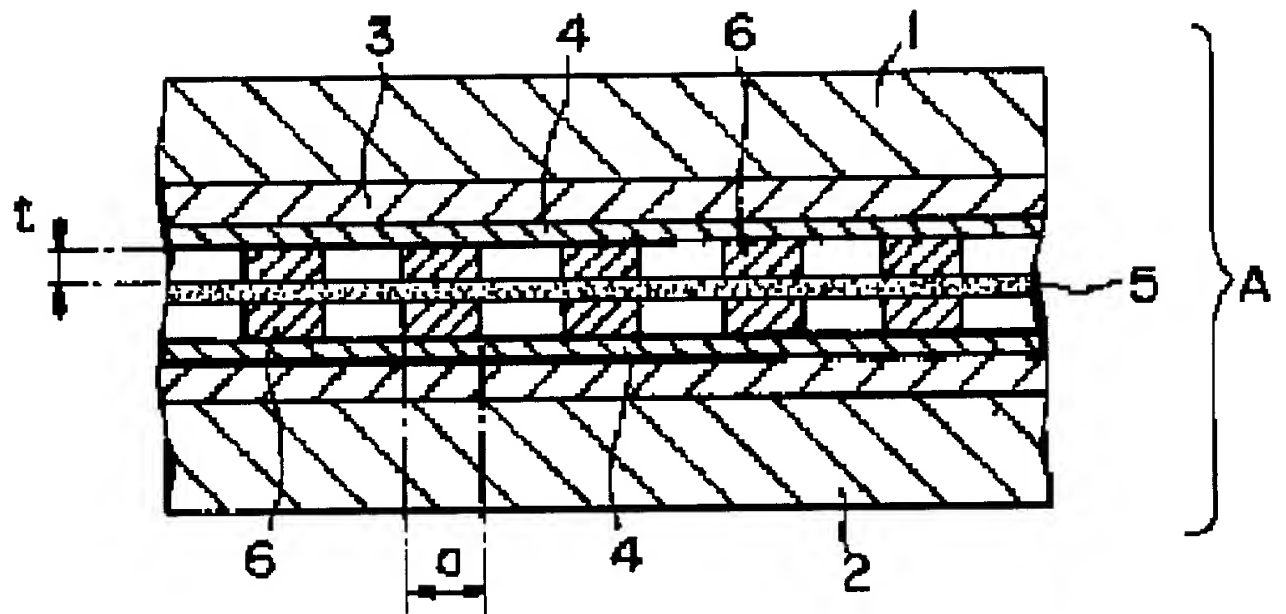
**SOLUTION:** The magnetic film 3 is pref. a film of 0.5-8 $\mu$ m thick. If t and a are thickness and width of a coil conductor 6 of a coil, its aspect ratio t/a pref. meets  $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ . If b is a spacing between the adjacent coil conductors 6 of the coil pattern, the proportion of the coil conductor, a/



$(a+b)$ , is pref.  $0.2 \leq a/(a+b)$ .

Satisfying this relation makes it possible to obtain a stable high inductance, low equivalent resistance and good performance coefficient.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-55916

(43)公開日 平成10年(1998)2月24日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 F 17/00

10/14

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 F 17/00

10/14

技術表示箇所

B

D

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平8-210308

(22)出願日 平成8年(1996)8月8日

(71)出願人 392003188

山沢 清人

長野県長野市松代町城東90番地

(71)出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72)発明者 山沢 清人

長野県長野市松代町城東90番地

(72)発明者 早川 康男

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

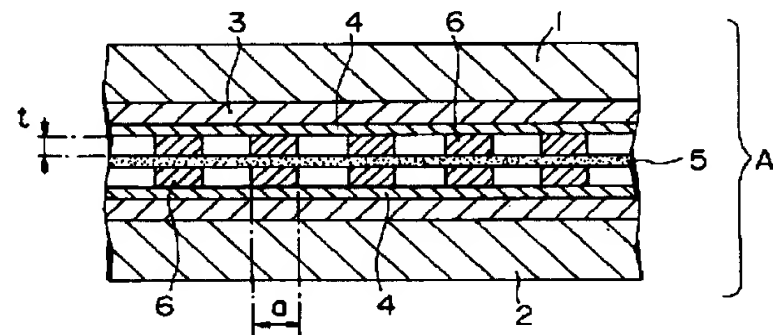
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 薄型磁気素子およびトランス

(57)【要約】

【課題】 本発明は、薄型化が可能であり、高いインダクタンスと性能係数Qを示し、高周波領域での使用に対応できるとともに、発熱も少ない薄型磁気素子とトランスを提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、少なくとも基体の一方の面に形成されたコイルパターンと、このコイルパターン上に形成された磁性薄膜とが具備されてなり、前記磁性薄膜が $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下の厚さに形成されてなることと、前記コイルパターンを構成するコイル導体の厚さを $t$ 、幅を $a$ とした場合のコイル導体のアスペクト比 $t/a$ が、 $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ の関係を満足されてなることと、前記コイルパターンを構成するコイル導体の幅を $a$ 、コイルパターンにおける隣接するコイル導体間の間隔を $b$ とした場合に、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係が満足されてなることのうち、少なくとも1つが満足されてなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも基体の一方の面に形成されたコイルパターンと、このコイルパターン上に形成された磁性薄膜とが具備されてなり、

前記磁性薄膜が $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下の厚さに形成されてなることと、

前記コイルパターンを構成するコイル導体の厚さを $t$ 、幅を $a$ とした場合のコイル導体のアスペクト比 $t/a$ が、 $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ の関係を満足されてなることと、

前記コイルパターンを構成するコイル導体の幅を $a$ 、コイルパターンにおける隣接するコイル導体間の間隔を $b$ とした場合に、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係が満足されてなることのうち、少なくとも1つが満足されてなることを特徴とする薄型磁気素子。

【請求項2】  $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ の内の1種または2種以上を主成分とする平均結晶粒径 $30\text{nm}$ 以下の微細結晶相と、ランタノイド系の希土類元素( $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Pr}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Pm}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Dy}$ 、 $\text{Ho}$ 、 $\text{Er}$ 、 $\text{Tm}$ 、 $\text{Lu}$ のうちの1種または2種以上)と、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$ より選ばれる1種または2種以上の元素 $M$ と $O$ または $N$ の化合物とを主成分とする非晶質相からなる磁性薄膜が用いられ、てなることを特徴とする請求項1に記載の薄型磁気素子。

【請求項3】 前記磁性薄膜が、 $A_a M_b M'_c L_d$ なる組成式で示されることを特徴とする請求項1または2に記載の薄型磁気素子。ただし、 $A$ は、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ のうちから選択される1種または2種以上を示し、 $M$ は、ランタノイド系の希土類金属元素( $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Pr}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Pm}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Tb}$ 、 $\text{Dy}$ 、 $\text{Ho}$ 、 $\text{Er}$ 、 $\text{Tm}$ 、 $\text{Lu}$ のうちの1種または2種以上)および $\text{Ti}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{V}$ 、 $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{W}$ の群から選択される1種または2種以上の元素を示し、 $M'$ は、 $\text{Al}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ir}$ の群から選択される1種または2種以上の元素を示し、 $L$ は、 $O$ と $N$ のうちの1種または2種を示し、組成比 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ は原子%で、 $20 \leq a \leq 85$ 、 $5 \leq b \leq 30$ 、 $0 \leq c \leq 10$ 、 $15 \leq d \leq 55$ の関係を満足するものとする。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の薄型磁気素子が基体の両側に備えられてなることを特徴とするトランス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は基体にコイルパターンを形成してなり、コイルパターン上に磁性薄膜を設けた構造の薄型磁気素子およびトランスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気素子の小型化、高性能化に伴い、数 $100\text{MHz}$ 以上の周波数における透磁率の高い軟磁性

材料、特に $5\text{kG}$ 以上の高い飽和磁束密度と共に、高い比抵抗を有し、かつ低い保磁力を有するものが要求されている。中でもトランスにおいては高い比抵抗を有するものが特に求められている。高い飽和磁束密度をもつ磁性材料としては $\text{Fe}$ あるいは $\text{Fe}$ を主成分とする合金が多く知られているが、スパッタ法などの成膜技術によりこれらの合金の磁性薄膜を作成すると、飽和磁束密度は高いものの、保磁力が大きく、また比抵抗が小さくなってしまい、高周波数領域において良好な軟磁気特性を得ることは困難であった。更に、バルク材料として多用されているフェライトは薄膜状態では優れた軟磁気特性を得ることができないものであった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】また、高周波数における透磁率低下の原因の一つに渦電流の発生による損失がある。この高周波透磁率の低下の一因である渦電流損失を防ぐために、薄膜化および薄膜の高抵抗化を図ることが望まれている。しかしながら、磁気特性を保ったまま比抵抗を高めることは非常に難しく、センダスト等の結晶合金や、アモルファス合金等の軟磁性薄膜の比抵抗は、数十～百数十 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度と小さく、少なくとも $5\text{kG}$ ( $0.5\text{T}$ )以上の飽和磁束密度を確保しながら比抵抗を高めた軟磁性合金が求められている。また、軟磁性合金を薄膜として得る場合に、磁歪の発生などの影響により良好な軟磁気特性を得ることはさらに困難となる。

【0004】特に、軟磁性合金の薄膜をコイルに近接させて設けることで薄型の磁気素子を構成した場合に、軟磁性合金が本来有する良好な軟磁気特性を維持したままインダクタンスや性能係数 $Q$ の高い値を得ることは更に難しく、使用時の温度上昇を抑えることも難しい問題がある。即ち、従来のこの種の薄型の磁気素子にあっては、磁心を構成するコイルそのものの性能係数 $Q$ が低下する前に、軟磁性合金の薄膜の損失が大きくなり、トランスあるいはリアクトル等の磁気素子としての高周波特性が制限される傾向にあった。即ち、磁性薄膜として軟磁気特性の優れた $\text{Co}$ 基アモルファス薄膜、 $\text{Ni-Fe}$ 合金薄膜等の適用が考えられるが、これらの薄膜の比抵抗は高いものではなく、高周波での損失が大きくなり易く、磁性薄膜の高周波損失のために磁気素子全体としての高周波特性が制限される傾向があった。

【0005】本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、薄型化が可能であり、高いインダクタンスと性能係数 $Q$ を示し、高周波領域での使用に対応できるとともに、発熱も少ない薄型磁気素子を提供すること、およびその薄型磁気素子を備えたトランスを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は前記課題を解決するために、少なくとも基体の一方の面に形成されたコ

10

20

30

40

50

イルパターンと、このコイルパターン上に形成された磁性薄膜とが具備されてなり、前記磁性薄膜が、 $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下の厚さに形成されてなることと、前記コイルパターンを構成するコイル導体の厚さを $t$ 、幅を $a$ とした場合のコイル導体のアスペクト比 $t/a$ が、 $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ の関係を満足されてなることと、前記コイルパターンを構成するコイル導体の幅を $a$ 、コイルパターンにおける隣接するコイル導体間の間隔を $b$ とした場合に、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係が満足されてなることのうち、少なくとも1つが満足されてなるものである。コイルパターン上の磁性薄膜が前記の厚さに形成されることで良好な性能係数 $Q$ が得られ、コイル導体のアスペクト比が前記の範囲とされることでコイル導体における温度上昇が抑制されるとともに、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係が満足されることにより安定した高いインダクタンスと低い等価抵抗および良好な性能係数 $Q$ が得られる。

【0007】次に、前記構成において、Fe, Co, Niの内の1種または2種以上を主成分とする平均結晶粒径 $30\text{nm}$ 以下の微細結晶相と、ランタノイド系の希土類元素(La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Luのうちの1種または2種以上)と、Ti, Zr, Hf, Ta, Nb, Mo, Wより選ばれる1種または2種以上の元素MとOまたはNの化合物とを主成分とする非晶質相からなる磁性薄膜が用いられてなることが好ましい。また更に、前記磁性薄膜が、 $A_a M_b M'_c L_d$ なる組成式で示されることを特徴とし、Aは、Fe, Co, Niのうちの1種または2種以上を示し、Mは、ランタノイド系の希土類金属元素(La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Luのうちの1種または2種以上)およびTi, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Wの群から選択される1種または2種以上の元素を示し、M'は、Al, Si, Cr, Pt, Ru, Rh, Pd, Irの群から選択される1種または2種以上の元素を示し、Lは、OとNのうちの1種または2種を示し、組成比 $a, b, c, d$ は原子%で、 $20 \leq a \leq 85$ 、 $5 \leq b \leq 30$ 、 $0 \leq c \leq 10$ 、 $15 \leq d \leq 55$ の関係を満足するものとするのが好ましい。これらの組織あるいは組成比の磁性薄膜を用いることで、磁性薄膜自体が高比抵抗になり、高周波領域における損失が減少し、従来材料が高周波数に対して有していた制限が少なくなる。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1と図2は本発明に係る第1の実施の形態を示すもので、この形態の薄型磁気素子Aは、上下の基板(基体)1、2の相対向する面にそれぞれ磁性薄膜3と絶縁膜4を積層し、上下の絶縁膜4、4間に設けられたフレキシブルな基板(基体)5に

それを両側から挟んだ状態のコイル導体6、6を設けた構造にされている。図2に前記コイル導体6からなるコイル7の平面形状を示すが、この例のコイル導体6は正方形の角形のスパイラル型とされている。なお、このコイル導体の平面形状は図面に示すものに限らず、ミランダ型、スパイラル型とミランダ型の複合型等のいずれの形状でも良い。

【0009】前記基板1、2はポリイミド等の樹脂製のもの、あるいはセラミック製のものなどからなる絶縁性の非磁性材料から構成されている。次に、前記磁性薄膜3は、以下に説明する比抵抗の高い特殊な軟磁性材料から形成されている。磁性薄膜3を構成する特殊な軟磁性材料とは、Fe, Co, Niのうちの1種または2種以上を元素Aとし、ランタノイド系の希土類金属元素(La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Luのうちの1種または2種以上)およびTi, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Wの群から選択される1種または2種以上の元素をMとし、Al, Si, Cr, Pt, Ru, Rh, Pd, Irの群から選択される1種または2種以上の元素をM'とし、OとNのうちの1種または2種以上の元素をLと表記した場合に以下の組成式で示される。 $A_a M_b M'_c L_d$ 前記の組成式において組成比を示す $a, b, c, d$ は、原子%で、 $20 \leq a \leq 85$ 、 $5 \leq b \leq 30$ 、 $0 \leq c \leq 10$ 、 $15 \leq d \leq 55$ の関係を満足することが好ましい。また、磁性薄膜が、前記の組成であって、Fe, Co, Niの内の1種または2種以上を主成分とする平均結晶粒径 $30\text{nm}$ 以下の微結晶相と、元素MとOとの化合物または元素MとNとの化合物を主成分とする非晶質相からなるものであることがより好ましい。

【0010】更に詳しくは、磁性薄膜3の構成材料の組成を $F e_e M_f O_g$ なる組成系とした場合に、組成比 $e, f, g$ は、原子%で $50 \leq e \leq 70$ 、 $5 \leq f \leq 30$ 、 $10 \leq g \leq 40$ の関係を満足するものとするのがより好ましい。また、磁性薄膜3の構成材料の組成を $F e_h M'_i O_j$ なる組成系とした場合に、組成比 $h, i, j$ は、原子%で $45 \leq h \leq 70$ 、 $5 \leq i \leq 30$ 、 $10 \leq j \leq 40$ の関係を満足するものとするのがより好ましい。次に、 $F e_k M_l N_m$ なる組成系とした場合において、組成比 $k, l, m$ は、原子%で、 $60 \leq k \leq 80$ 、 $10 \leq l \leq 15$ 、 $5 \leq m \leq 30$ なる関係を満足するものがより好ましい。更に、前記の絶縁膜4は、 $S i O_2$ 、 $A l_2 O_3$ 、 $S i_3 N_4$ 、 $T a_2 O_5$ 等の絶縁材料からなる。

【0011】前記磁性薄膜の構成材料において、Feは主成分であり、磁性を担う元素である。高飽和磁束密度を得るためにFeは多いほど好ましいが、Fe-M-O系では70原子%以上あると比抵抗が小さくなり易く、Fe-M-N系では80原子%を超えると比抵抗が小さくなり易い。一方、Feが本発明の範囲未満であると比抵抗

を大きくすることはできるものの、飽和磁束密度が小さくなってしまふ。希土類元素、あるいは、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Wの群から選択される元素Mは、軟磁気特性を得るために必要なものである。これらは酸素あるいは窒素と結合し易く、結合することで酸化物あるいは窒化物を形成する。なお、酸素、窒素と結びつきやすい元素としてこれらの他にもAl, Si, Bを挙げることができる。この酸化物あるいは窒化物の含有量を調整することによって比抵抗を高めることができる。また、元素M'は、耐食性を向上させ、磁歪を調整するために添加される元素であり、これらの目的のためには、前記の範囲で含有させることが好ましい。

【0012】前記の組成範囲とするならば、磁性薄膜として、 $400 \sim 2.0 \times 10^5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の範囲の高い比抵抗を得ることができ、比抵抗を高めることで渦電流損失を低減することができ、高周波透磁率の低下が抑制され、高周波特性が改善される。また、特に、Hfには磁歪を抑制する作用があるものと考えられる。

【0013】次に前記の構成において、前記磁性薄膜3が、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上、 $8 \mu\text{m}$ 以下の厚さに形成されてなることが好ましい。この範囲であれば、性能係数Qとして1.5以上を得ることができ、更に、膜厚が $1 \mu\text{m}$ 以上、 $6 \mu\text{m}$ 以下であれば、性能係数Qとして2以上を得ることができ、いずれも良好な性能係数Qが得られる。

次に、前記コイルパターンを構成するコイル導体6の厚さを $t$ 、幅を $a$ とした場合のコイル導体6のアスペクト比 $t/a$ が、 $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ の関係を満足されてなることが好ましい。コイル導体のアスペクト比が前記の範囲とされることでコイル導体における温度上昇が抑制される。更に、前記コイルパターンを構成するコイル導体6の幅を $a$ 、コイルパターンにおける隣接するコイル導体6、6間の間隔を $b$ とした場合に、コイル導体の割合を示す $a/(a+b)$ が、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係を満足することが好ましい。 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係が満足されることにより安定したインダクタンスと低い等価抵抗および良好な性能係数Qが得られる。

【0014】前記構成の薄型磁気素子Aを製造するには、基板1、2の一面に高抵抗( $\text{high-}\rho$ )のA-M-M'-L系の軟磁性合金薄膜からなる磁性薄膜3を形成する。前記磁性薄膜3を形成する手段については、本発明者らが先に、特願平5-233833号(特開平6-316748号)、特願平6-57890号等において開示しているが、基本的にはスパッタ、蒸着等の薄膜形成法を用いる。

【0015】ここで例えば、スパッタ装置としてはRF2極スパッタ、DCスパッタ、マグネトロンスパッタ、3極スパッタ、イオンビームスパッタ、対向ターゲット式スパッタ等の既存のものを使用することができる。次に、OまたはNを磁性薄膜中に添加する方法としては、

Ar等の不活性ガス中に酸素ガスまたは窒素ガスを混合したAr+O<sub>2</sub> またはAr+N<sub>2</sub> 混合雰囲気ガスでスパッタを行なう反応性スパッタが有効である。また、Fe、FeM、あるいはFeM系の合金ターゲットの上に、Fe、元素M、あるいはそれらの酸化物または窒化物を配置した複合ターゲットを用いてAr等の不活性ガス中で作製することもできる。更に、スパッタターゲットとしてFeターゲット上に、希土類元素、あるいはTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Wなどからなるペレットを配置した複合ターゲット等を用いてAr等の不活性ガス中で製作することもできる。これらの成膜法で得られる前記組成系の磁性薄膜は成膜のままで基本的には非晶質相を主体、あるいは、結晶相と非晶質相の混在する組織を有する。

【0016】そして、所望の組成の磁性薄膜を成膜後、 $300 \sim 600^\circ\text{C}$ に加熱して徐冷するアニール処理を施して磁性薄膜中に微結晶相を析出させることもできる。前記軟磁性薄膜にアニール処理を施して一部結晶相を析出させても良いが、この結晶相の割合は50%よりも少なくすることが好ましい。結晶相の割合が50%を超える場合は、高周波域での透磁率が低下する。ここで組織中に析出する結晶粒は、粒径が数nm $\sim$ 30nm程度の微細なもので、その平均粒径は10nm以下であることが好ましい。このような微細な結晶粒を析出させることで、飽和磁束密度を高くすることができる。また、非晶質相は比抵抗の増大に寄与するものと思われ、この非晶質相の存在により比抵抗が増大し、ひいては高周波域における透磁率の低下を防止できる。

【0017】次に、前記磁性薄膜3上に絶縁膜4を成膜法、メッキ法、スクリーン印刷法などの常法により形成し、次いで、絶縁膜4上に成膜法、メッキ法、スクリーン印刷法などの常法により例えばスパイラル型のコイル7になるようにコイル導体6を形成する。続いて基板5の上下両面にそれぞれ前記コイル導体6を形成した基板1、2を基板5を挟むように配置することで薄型磁気素子Aを得ることができる。

【0018】図1と図2に示す構造の薄型磁気素子Aであるならば、一方のコイル導体6を1次コイル、他方の面のコイル導体6を2次コイルとすることができ、薄型磁気素子Aをトランスとして利用することができる。特に、前記の如く高周波での磁性薄膜3の優れた特性を有効に利用することで、1MHz以上のスイッチング周波数で駆動する小型、薄型で高効率のDC-DCコンバータ用のトランス、リアクトル等に應用することができる。

【0019】また、従来の薄型磁気素子においてはコイル周辺において大きな渦電流を発生して損失を生じたが、前記比抵抗の高い磁性薄膜3を用いるこの例の薄型磁気素子Aの構造であるならば、高周波領域での渦電流の発生が少なく損失の少ないものを提供できる。また、

薄型磁気素子Aを低損失にできるので、薄型磁気素子A並びにそれを備えるトランスを大電力に耐える構造とすることができ、薄型化、小型化、軽量化を実現できる。

【0020】なお、磁性薄膜3を構成する前記組成系の軟磁性材料の比抵抗は十分に高いものとなる。前記組成系の磁性薄膜3の構成材料において、例えば、特開平6-316748号に添付の表1に開示した通り、 $\text{Fe}_{46.2}\text{Hf}_{18.2}\text{O}_{35.6}$ なる組成の磁性薄膜であれば、比抵抗 $\rho$ として $133709\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の比抵抗を得ることができる。しかも、この組成の磁性薄膜の比抵抗値は熱処理後のものであり、熱処理前において、 $194000\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の比抵抗を得ることができる。また、これの他にも、 $\text{FeHfO}$ 系、 $\text{FeZrO}$ 系、 $\text{FeNbO}$ 系、 $\text{FeTaO}$ 系、 $\text{FeTiO}$ 系、 $\text{FeVO}$ 系、 $\text{FeWO}$ 系、 $\text{FeYO}$ 系、 $\text{FeCeO}$ 系、 $\text{FeSmO}$ 系、 $\text{FeHoO}$ 系、 $\text{FeGdO}$ 系、 $\text{FeTbO}$ 系、 $\text{FeDyO}$ 系、 $\text{FeErO}$ 系において、組成の調整により $215\sim1767\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 程度の比抵抗を容易に得ることができる。また、特願平6-57890号に添付の表1と表2に示すように、 $\text{FeHfN}$ 系においても $200\sim400$ 前後の比抵抗を容易に得ることができる。また、これらの系の磁性薄膜において、 $\text{FeMO}$ 系にあっては、特開平6-316748号に添付の表1に開示した通り、 $1.0\sim1.5\text{T}$  ( $10\sim15\text{kG}$ )の飽和磁束密度を得ることができ、 $\text{FeMN}$ 系にあっては、特願平6-57890号の表1に開示した通り、 $1\text{T}$  ( $10\text{kG}$ )を超える飽和磁束密度を容易に得ることができ、いずれの系においても、フェライト等の飽和磁束密度 $5\text{kG}$ に比べて遥かに高い $10\text{kG}$ 以上の飽和磁束密度のものが容易に得られる。

#### 【0021】

【実施例】高分子フィルムあるいはセラミックス等からなる一辺 $12\text{mm}$ の正形状の2枚の基板のそれぞれに、 $\text{Fe}_{55}\text{Hf}_{11}\text{O}_{34}$ の組成の厚さ $3\mu\text{m}$ 、磁性薄膜を形成し、更に磁性薄膜の上に厚さ $17\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$  (あるいは高分子) からなる絶縁膜を介して図2に示す角形スパイラル状の銅からなるコイルを形成し、これらを $\text{SiO}_2$ あるいは高分子からなる絶縁層の両側に図1に示すように配置して薄型磁気素子試料を得た。スパイラル型のコイルはコイル全体幅 $D$ を $10\text{mm}$ 、巻数9ターンとした。前記の製造工程において、コイル導体の幅を $0.4\text{mm}$ 、コイル導体間の間隔を $0.5\text{mm}$ 、コイル導体の厚さを $t$ とした場合に、周波数 $10\text{MHz}$ の場合の、1次側性能係数 $Q$ に対するコイル導体厚さ依存性を測定した結果を図3に示す。図3に示す結果から明らかなように、磁性層の厚さを $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下の範囲とするならば、 $1.5$ 以上の1次側性能係数 $Q$ を得ることができるとともに、磁性層の厚さを $1\mu\text{m}$ 以上、 $6\mu\text{m}$ 以下の範囲とするならば、 $2$ 以上の1次側性能係数 $Q$ を得ることができる。

【0022】図4は、磁性層厚を $3\mu\text{m}$ に設定し、隣接するコイル導体6、6間の間隔を $b$ とした場合の薄型磁気素子における、 $a/(a+b)$ で示されるコイル導体幅の割合によるインダクタンスの値を $10\text{MHz}$ において測定した結果を示し、図5は同等の構成の薄型磁気素子の $a/(a+b)$ で示されるコイル導体幅の割合による等価抵抗の値を $10\text{MHz}$ において測定した結果を示し、図6はコイル導体幅の割合による性能係数 $Q$ の値を $10\text{MHz}$ において測定した結果を示す。

【0023】図4と図5と図6に示す結果から、コイル導体幅の割合が $0.2$ 以上の場合に良好な等価抵抗が得られ、高い性能係数 $Q$ を得ることができることが明らかである。図4においてインダクタンスは、コイル導体幅が広くなるにつれて若干減少傾向を示すが、これはコイル導体によって磁束の流れが妨害されたためと考えられる。図5に示す等価抵抗をみると、コイル導体幅が狭いときに抵抗が高くなっているが、これはコイル導体自身の断面積が小さいためである。コイル導体幅が広いほど $Q$ は高くなるが、これは等価抵抗の特性によるものである。性能係数の値からみると、コイル導体幅の割合が $0.2$ 以上の場合に好ましい範囲であることが明らかである。

【0024】図7は、厚さ $25\mu\text{m}$ のポリイミドのフィルム上に、図2に示すスパイラル形状であって、銅製のコイル導体の厚さを $35\mu\text{m}$ 、コイル導体の幅 $a$ を $0.15\text{mm}$ 、 $0.2\text{mm}$ 、 $0.3\text{mm}$ 、 $0.4\text{mm}$ 、 $0.5\text{mm}$ にそれぞれ設定した複数のコイル試料を作成し、それらについて通電試験を行ない、その際に生じた温度上昇を熱電対で測定した結果を示し、図8は、銅製のコイル導体の厚さを $70\mu\text{m}$ に設定して同様の試験を行った結果を示す。図7と図8に示す結果において、温度上昇が $50^\circ\text{C}$ 以下であれば実用に供することができ、流す電流も $0.5\sim1.0\text{A}$ 程度が実用的な範囲である。

【0025】以上のことから鑑みると、厚さ $35\mu\text{m}$ の銅製の導体コイルであるならば、コイル導体幅 $a$ を $0.3\text{mm}$ 以上、 $1.0\text{mm}$ 以下の範囲で選択することが可能であり、厚さ $70\mu\text{m}$ の銅製の導体コイルであるならば、コイル導体幅 $a$ を $0.2\text{mm}$ 以上、 $1.00\text{mm}$ 以下の範囲で選択することができる。よって、 $t/a$ で示されるアスペクト比を厚さ $35\mu\text{m}$ の銅製の導体コイルであるならば、 $0.05$ 以上、 $0.12$ 以下の範囲、厚さ $70\mu\text{m}$ の銅製の導体コイルであるならば $0.07$ 以上、 $0.35$ 以下の範囲であることが好ましいことがわかる。よって、厚さ $35\mu\text{m}$ と $70\mu\text{m}$ のいずれの導体コイルにおいても、アスペクト比 $0.035$ 以上、 $0.12$ 以下の範囲内であれば、発熱を低く抑えることができることが判明した。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明の薄型磁気素子は、コイルパターン上の磁性薄膜を $0.5\sim8\mu\text{m}$ の

厚さに形成したので、良好な性能係数 $Q$ を得ることができる。また、コイルパターンを構成するコイル導体の厚さを $t$ 、幅を $a$ とした場合のコイル導体のアスペクト比 $t/a$ を $0.035 \leq t/a \leq 0.35$ の関係を満足させることでコイル導体における温度上昇を抑制することができ、発熱量の少ない通電電流を大きくできる薄型磁気素子を提供することができる。また、 $0.2 \leq a/(a+b)$ の関係を満足することにより安定した高いインダクタンスと低い等価抵抗および良好な性能係数 $Q$ を有する薄型磁気素子を得ることができる。

【0027】次に、前記構成において、Fe, Co, Niの内の1種または2種以上を主成分とする平均結晶粒径30nm以下の微細結晶相と、ランタノイド系の希土類元素と、Ti, Zr, Hf, Ta, Nb, Mo, Wより選ばれる1種または2種以上の元素MとOまたはNの化合物とを主成分とする非晶質相からなる磁性薄膜を用いることができる。また更に、前記磁性薄膜を、 $A_a M_b M'_c L_d$ なる組成式で示されることを特徴とし、Aは、Fe, Co, Niのうちから選択される1種または2種以上を示し、Mは、ランタノイド系の希土類金属元素およびTi, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Wの群から選択される1種または2種以上の元素を示し、M'は、Al, Si, Cr, Pt, Ru, Rh, Pd, Irの群から選択される1種または2種以上の元素を示し、Lは、OとNのうち、1種または2種を示し、組成比 $a, b, c, d$ は原子%で、 $20 \leq a \leq 85$ 、 $5 \leq b \leq 30$ 、 $0 \leq c \leq 10$ 、 $15 \leq d \leq 55$ の関係を満足するものとするのが好ましい。これらの組織あるいは組成比の磁性薄膜を用いることで、磁性薄膜自体が高比抵抗になり、高周波領域における損失が減少する。従って本発明の薄型磁気素子を高いスイッチング周波数で駆動する小型、

薄型で高効率のDC-DCコンバータ用のトランス、リアクトル等に応用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る薄型磁気素子の一例の構造を示す断面図。

【図2】 図1に示す薄型磁気素子に設けられているコイル導体の平面図。

【図3】 薄型磁気素子試料の1次側性能係数の磁性層厚依存性を示す図。

10 【図4】 薄型磁気素子試料のインダクタンスと導線幅の関係を示す図。

【図5】 薄型磁気素子試料の等価抵抗と導電幅の関係を示す図。

【図6】 薄型磁気素子試料の性能係数 $Q$ と導電幅の関係を示す図である。

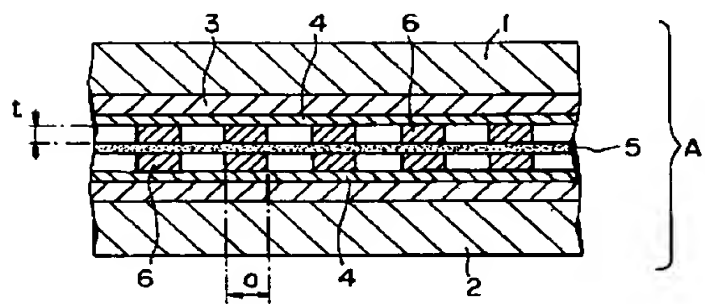
【図7】 コイル導体幅35 $\mu\text{m}$ の場合の薄型磁気素子試料の通電電流と温度上昇との関係を示す図。

【図8】 コイル導体幅70 $\mu\text{m}$ の場合の薄型磁気素子試料の通電電流と温度上昇との関係を示す図。

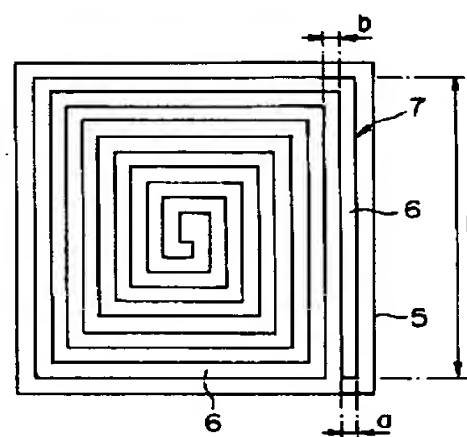
20 【符号の説明】

A	薄型磁気素子
1、2、5	基板（基体）
3	磁性薄膜
4	絶縁膜
6	コイル導体
7	コイル
a	コイル導体の幅
b	コイル導体間の間隔
t	コイル導体の厚さ
30 D	コイル全体幅

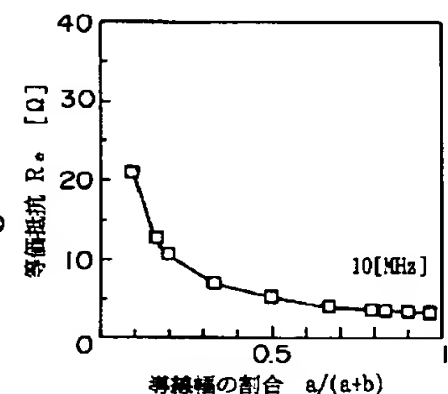
【図1】



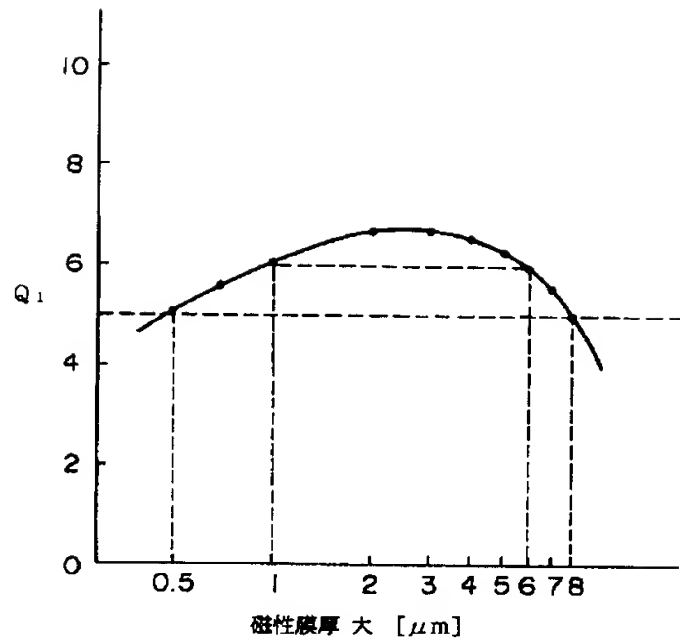
【図2】



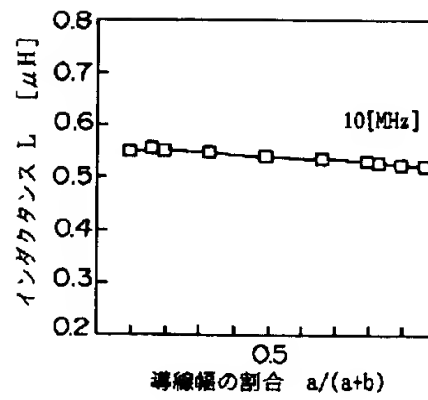
【図5】



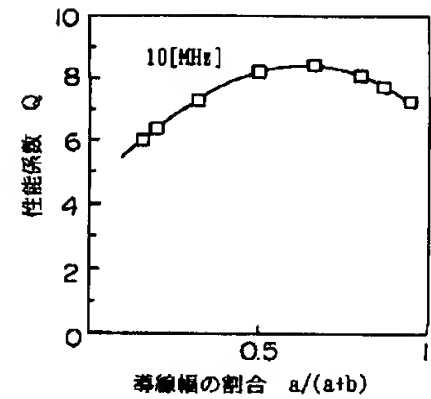
【図3】



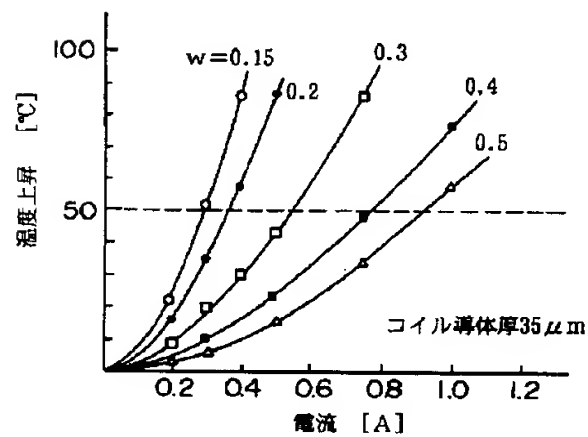
【図4】



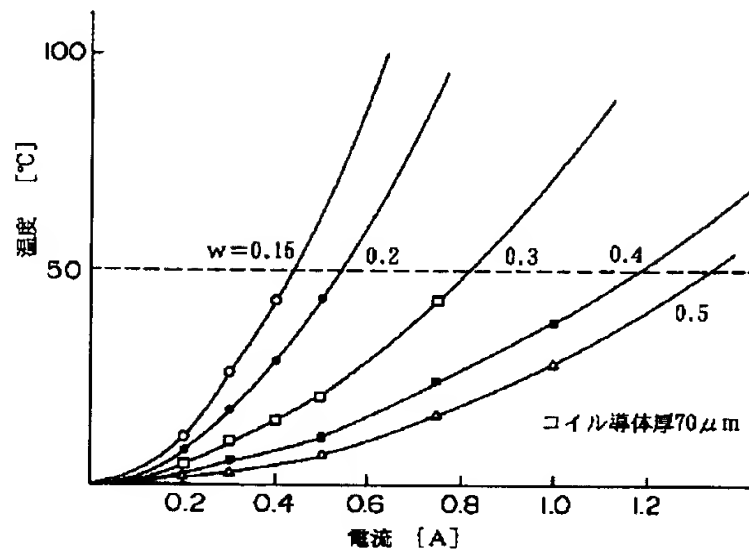
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 畑内 隆史  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内  
(72)発明者 牧野 彰宏  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72)発明者 内藤 豊  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内  
(72)発明者 長谷川 直也  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

